



Practitioner's Docket No.: 791_235

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of: Kunio NAKAYAMA, Kenji SUZUKI, Manabu YOSHIDA,
Kenji YAJIMA and Toshihiro TOMITA

Ser. No.: 10/796,890

Group Art Unit: Not Assigned

Filed: March 9, 2004

Examiner: Not Assigned

Conf. No.: Not Assigned

For: METHOD FOR PREPARING DDR TYPE ZEOLITE FILM, DDR TYPE
ZEOLITE FILM, AND COMPOSITE DDR TYPE ZEOLITE FILM, AND
METHOD FOR PREPARATION THEREOF

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited
with the United States Postal Service as first class mail
addressed to **Commissioner for Patents, P.O. Box 1450,**
Alexandria, VA 22313-1450 on April 9, 2004.


Gina M. Husak

SUBMISSION OF CERTIFIED COPIES OF PRIORITY DOCUMENTS

Sir:

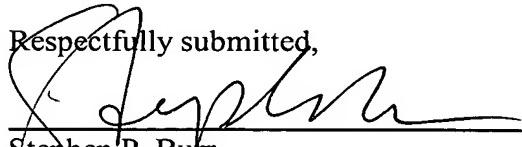
The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the
following foreign country was requested by applicants on March 9, 2004 for the
above-identified application:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2001-280972	September 17, 2001
Japan	2002-212425	July 22, 2002
Japan	2002-219135	July 29, 2002
Japan	2002-232550	August 9, 2002

In support of this claim, certified copies of the Japanese Applications are enclosed
herewith.

April 9, 2004

Date

Respectfully submitted,

Stephen P. Burr
Reg. No. 32,970

SPB/gmh

BURR & BROWN
P.O. Box 7068
Syracuse, NY 13261-7068

Customer No.: 25191
Telephone: (315) 233-8300
Facsimile: (315) 233-8320

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2001年 9月17日
Date of Application:

出願番号 特願2001-280972
Application Number:

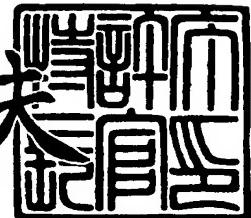
[ST. 10/C] : [JP2001-280972]

出願人 日本碍子株式会社
Applicant(s):

2004年 3月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 WP03833
【提出日】 平成13年 9月17日
【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿
【国際特許分類】 C01B 33/46
B01J 20/18
【発明の名称】 D D R型ゼオライト膜の製造方法
【請求項の数】 7
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式
会社内
【氏名】 中山 邦雄
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式
会社内
【氏名】 富田 俊弘
【特許出願人】
【識別番号】 000004064
【氏名又は名称】 日本碍子株式会社
【代理人】
【識別番号】 100088616
【弁理士】
【氏名又は名称】 渡邊 一平
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 009689
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9001231

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 D D R型ゼオライト膜の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1-アダマンタンアミンとシリカとの配合割合（1-アダマンタンアミン/SiO₂）がモル比で0.05～0.4、かつ、水とシリカとの配合割合（水/SiO₂）がモル比で50～500である原料溶液に、

種結晶となるD D R型ゼオライト粉末を分散させ、

次いで、水熱合成することによりD D R型ゼオライト膜を形成することを特徴とするD D R型ゼオライト膜の製造方法。

【請求項 2】 エチレンジアミンを、該エチレンジアミンと1-アダマンタンアミンとの配合割合（エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン）がモル比で5～10となるように添加し、調製した原料溶液を用いる請求項1に記載のD D R型ゼオライト膜の製造方法。

【請求項 3】 1-アダマンタンアミンをエチレンジアミンに溶解して1-アダマンタンアミン溶液を調製し、

前記1-アダマンタンアミン溶液とシリカゾル溶液とを混合して調製した原料溶液を用いる請求項1又は2に記載のD D R型ゼオライト膜の製造方法。

【請求項 4】 130～200℃で水熱合成する請求項1～3のいずれか一項に記載のD D R型ゼオライト膜の製造方法。

【請求項 5】 多孔質基体上にD D R型ゼオライト膜を形成する請求項1～4のいずれか一項に記載のD D R型ゼオライト膜の製造方法。

【請求項 6】 膜厚が0.1～50μmのD D R型ゼオライト膜を形成する請求項5に記載のD D R型ゼオライト膜の製造方法。

【請求項 7】 原料溶液に、種結晶となるD D R型ゼオライト粉末を分散させることに代えて、

該D D R型ゼオライト粉末を多孔質基体上に付着させ、該多孔質基体上にD D R型ゼオライト膜を形成する請求項5又は6に記載のD D R型ゼオライト膜の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、DDR型ゼオライト膜の製造方法に係り、更に詳しくは、工業的にも好適に採用され得る膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を簡便に、かつ、短期間で製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 ゼオライトは、触媒、触媒担体、吸着材等として利用されており、また、金属やセラミックスからなる多孔質基体上に成膜されたゼオライト積層複合体は、ゼオライトの分子篩作用を利用し、ガス分離膜や浸透気化膜に用いられるようになってきている。このような状況に伴い、種々の多孔質基体を用いたゼオライト複合膜及びその製造方法が提案されている。

【0003】 ゼオライトは、その結晶構造により、LTA、MFI、MOR、AFI、FER、FAU、DDRといった数多くの種類が存在する。これらの中でDDR(Deca-Dodecasil 3R)はシリカからなる結晶でかご状の構造であり、その細孔は酸素8員環を含む多面体によって形成されているとともに、酸素8員環の細孔径は4.4×3.6オングストロームであることが知られている(W. M. Meier, D. H. Olson, Ch. Baerlocher, *Atlas of zeolite structure types*, Elsevier(1996)参照。)。

【0004】 このような構造上の特徴を有するDDR型ゼオライトは、ゼオライトの中では比較的細孔径が小さいものであり、メタン(CH₄)、エタン(C₂H₆)といった低分子ガスの分子篩膜として適用できる可能性を有する。

【0005】 ところで、このようなDDR型ゼオライトの製造方法に関しては、従来、極めて提案が少ない状況にある。粉末合成に対しては数例の提案がされているが、特に、膜の合成については提案例が無い状況にある。このように少ない提案の一つである粉末合成の具体的な関連技術としては、例えば、M. J. den Exter, J. C. Jansen, H. van Bekkum, *Studies in Surface Science and Catalysis* vol.84, Ed. by J. Weitkamp et al., Elsevier (1994)1159-1166において、テトラメトキシシラン、1-アダマンタンアミン、エチレンジアミン等を原料として使用し、水熱合成によりDDR型ゼオライト粉末を製造する方法が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述のDDR型ゼオライト粉末を製造する方法によれば、160℃のオートクレーブを使用する水熱合成を25日間もの長期間に渡って実施する必要があり、また、原料溶液を常時攪拌しておかなければならぬ等、簡便な方法とはいえない。

【0007】 更に、当該製造方法によっては結晶サイズが5～25μm程度である粉末状のDDR型ゼオライトしか得ることができず、従って、例えば石油化学工業等の産業分野において、ガス分離プロセス等を構成するために充分な膜厚を有する分離膜等を製造することはできない。

【0008】 本発明は、このような従来技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、工業的なガス分離プロセス等にも好適に採用され得る膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を簡便に、かつ、短期間で製造する方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 即ち、本発明によれば、1-アダマンタンアミンとシリカとの配合割合（1-アダマンタンアミン/SiO₂）がモル比で0.05～0.4、かつ、水とシリカとの配合割合（水/SiO₂）がモル比で50～500である原料溶液に、種結晶となるDDR型ゼオライト粉末を分散させ、次いで、水熱合成することによりDDR型ゼオライト膜を形成することを特徴とするDDR型ゼオライト膜の製造方法が提供される。

【0010】 本発明においては、エチレンジアミンを、エチレンジアミンと1-アダマンタンアミンとの配合割合（エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン）がモル比で5～10となるように添加し、調製した原料溶液を用いることが好ましい。

【0011】 また、本発明においては、1-アダマンタンアミンをエチレンジアミンに溶解して1-アダマンタンアミン溶液を調製し、1-アダマンタンアミン溶液とシリカゾル溶液とを混合して調製した原料溶液を用いることが好ましい。

【0012】 本発明においては、130～200℃で水熱合成することが好ま

しい。

【0013】 また、本発明においては、多孔質基体上にDDR型ゼオライト膜を形成することが好ましい。また、DDR型ゼオライト膜の膜厚は、0.1～50μmであることが好ましい。

【0014】 なお、本発明においては、原料溶液に、種結晶となるDDR型ゼオライト粉末を分散させることに代えて、DDR型ゼオライト粉末を多孔質基体上に付着させ、多孔質基体上にDDR型ゼオライト膜を形成することが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、適宜、設計の変更、改良等が加えられることが理解されるべきである。

【0016】 本発明は、DDR型ゼオライト膜の製造方法であり、1-アダマンタンアミンとシリカとの配合割合（1-アダマンタンアミン/SiO₂）がモル比で0.05～0.4、かつ、水とシリカとの配合割合（水/SiO₂）がモル比で50～500である原料溶液に、種結晶となるDDR型ゼオライト粉末を分散させ、次いで、水熱合成することによりDDR型ゼオライト膜を形成することを特徴とするDDR型ゼオライト膜の製造方法である。以下、その詳細について説明する。

なお、以降、1-アダマンタンアミンとシリカとの配合割合（モル比）については「1-アダマンタンアミン/SiO₂比」と、水とSiO₂との配合割合（モル比）については「水/SiO₂比」とも記す。

【0017】 本発明では、DDR型ゼオライト膜を形成するための鋳型剤として1-アダマンタンアミンを用いる。まず、1-アダマンタンアミンとシリカゾル、水、その他要すれば添加剤を使用して原料溶液を調製する。原料溶液の調製に際して、本発明では1-アダマンタンアミン/SiO₂比、及び、水/SiO₂比を厳密に調整する。

【0018】 1-アダマンタンアミン/SiO₂比を0.05未満とした場合

には、鋳型剤の1-アダマンタンアミンが不足してDDR型ゼオライト膜を形成することができないために好ましくない。一方、0.4超とした場合には、DDR型ゼオライト膜を形成することは可能ではあるが、1-アダマンタンアミンが鋳型剤として作用するためには充分な添加量であるとともに、高価な1-アダマンタンアミンをこれ以上多量に添加することは製造コスト面において好ましくない。

【0019】 なお、製造コストを考慮しつつDDR型ゼオライト膜を形成するといった観点からは、1-アダマンタンアミン/SiO₂比を0.1~0.35とすることが好ましく、0.12~0.25とすることが更に好ましい。

【0020】 水/SiO₂比を50未満とした場合には、原料溶液のSiO₂濃度が高すぎるために緻密なDDR型ゼオライト膜を形成することが困難となるために好ましくなく、一方、500超とした場合には、原料溶液のSiO₂濃度が低すぎるためにDDR型ゼオライト膜を形成することができなくなるために好ましくない。なお、緻密なDDR型ゼオライト膜を形成するといった観点からは、水/SiO₂比を70~340とすることが好ましく、100~300とすることが更に好ましい。

【0021】 ここで、本発明においては、エチレンジアミンを、エチレンジアミンと1-アダマンタンアミンとの配合割合（エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン）がモル比で5~10となるように添加し、調製した原料溶液を用いることが好ましい。

なお、エチレンジアミンと1-アダマンタンアミンとの配合割合（モル比）については、「エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン比」とも記す。

【0022】 1-アダマンタンアミンは常温で固体の化合物であり、原料溶液の調製に際してはこれを完全に溶解して均一とすることが困難な場合もある。1-アダマンタンアミンが溶け残った状態の原料溶液を用いた場合には、均一な結晶サイズ、膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を製造することが困難となる場合もある。従って、エチレンジアミンを添加して原料溶液を調製することにより、1-アダマンタンアミンを容易に溶解することが可能となり、均一な結晶サイズ、膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を製造することができる。

【0023】 エチレンジアミン／1-アダマンタンアミン比を5未満とした場合には、1-アダマンタンアミンを溶かし易くするための量としては不充分であり、20超とした場合には、反応に寄与しないエチレンジアミンが過剰となり製造コストがかかるために好ましくない。なお、1-アダマンタンアミンを容易に溶解し、かつ、均一な結晶サイズ、膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を製造するといった観点からは、エチレンジアミン／1-アダマンタンアミン比を5～10とすることが更に好ましく、8～10とすることが特に好ましい。

【0024】 また、本発明においては、1-アダマンタンアミンを予めエチレンジアミンに溶解することにより1-アダマンタンアミン溶液を調製しておき、調製された1-アダマンタンアミン溶液とシリカゾル溶液とを混合して調製した原料溶液を用いることが、より簡便かつ完全に1-アダマンタンアミンを溶解し、均一な結晶サイズ、膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を製造することが可能となるために好ましい。なお、シリカゾルは市販品を好適に用いることができるが、微粉末状シリカを水に溶解すること、又は、アルコキシドを加水分解することにより調製することもできる。

【0025】 次に、調製した原料溶液にDDR型ゼオライト粉末を分散する。このDDR型ゼオライト粉末は種結晶となり得るものであり、これを核として結晶が成長する。原料溶液にDDR型ゼオライト粉末を分散させる方法としては、一般的な攪拌方法を採用すればよいが、超音波処理等の方法を採用してもよく、均一に分散させることにより、より緻密で均一な膜厚のDDR型ゼオライト膜を形成することができる。

【0026】 種結晶となるDDR型ゼオライト粉末を分散させた原料溶液を適当な容器、例えば耐圧容器等に、膜を形成するための適当な支持材とともに入れて水熱合成することにより、DDR型ゼオライト膜を製造することが可能である。

【0027】 本発明においては、水熱合成に際しての温度条件を130～200℃とすることが好ましく、150～200℃とすることが更に好ましく、160～180℃とすることが特に好ましい。130℃未満で水熱合成を行った場合には、DDR型ゼオライト膜を形成することができないために好ましくなく、一

方、200°C超で水熱合成を行った場合には、相転移により異相のD O H相が形成されてしまうために好ましくない。

【0028】 また、水熱合成に際しての処理時間は、1～10日間であればよい。従って、本発明によれば、従来のDDR型ゼオライトの製造方法と比較しても極めて短時間で、また、自立膜として充分な膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を製造することができる。なお、形成されるDDR型ゼオライト膜の膜厚は0.1～50μmであればよく、更には1～25μmであることが好ましい。

【0029】 また、本発明においては、水熱合成に際してDDR型ゼオライト膜が形成される支持材として多孔質基体を使用することにより、当該多孔質基体上にDDR型ゼオライト膜を形成することも可能である。なお、本発明においてはアルミナ、ジルコニア、ムライト等を始めとするセラミックス、或いはガラス、ゼオライト、粘土、金属、炭素等を多孔質基体として好適に用いることができる。

【0030】 更に、本発明においては、原料溶液に、種結晶となるDDR型ゼオライト粉末を分散させることに代えて、予めDDR型ゼオライト粉末を多孔質基体上に付着させておき、この多孔質基体上にDDR型ゼオライト膜を形成することも、均一かつ充分な膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を形成することができるため好ましい。

【0031】 ここで、「DDR型ゼオライト粉末を多孔質基体上に付着させる」とは、種結晶となるDDR型ゼオライト粉末を多孔質基体のDDR型ゼオライト膜が形成されるべき表面上に接して配されている状態とすることであり、強固に接着されている必要はない。また、DDR型ゼオライト粉末を多孔質基体上に付着させるためには、例えば、DDR型ゼオライト粉末を水に分散させ、適当な濃度の分散液を調製し、この適当な量を多孔質基体のDDR型ゼオライト膜が形成されるべき面に塗布すればよい。塗布方法としては、滴下法、ディップ法、スピンドルコート法、印刷法等を目的に応じて選択できる。

【0032】

【実施例】 以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0033】

(DDR型ゼオライト粉末(種結晶)の製造)

M. J. den Exter, J. C. Jansen, H. van Bekkum, Studies in Surface Science and Catalysis vol.84, Ed. by J. Weitkamp et al., Elsevier(1994)1159-166に記載のDDR型ゼオライトを製造する方法に従って、結晶サイズが約10 μm であるDDR型ゼオライト粉末を製造した。これを5 μm 以下の微粉末に粉碎し種結晶として使用した。

【0034】

(実施例1)

フッ素樹脂製の100ml広口瓶に1.80gのエチレンジアミン(和光純薬工業(株)製)を入れた後、0.57gの1-アダマンタンアミン(片山化学工業(株)製)を加え、1-アダマンタンアミンの沈殿が残らないように溶解した。別のビーカーに73.45gの水を入れ、3.0gの30重量%シリカゾル(スノーテックスS, 日産化学(株)製)を加えて軽く攪拌した後、これをエチレンジアミンと1-アダマンタンアミンを混ぜておいた広口瓶に加えて強く振り混ぜ、原料溶液を調製した。このとき、1-アダマンタンアミン/SiO₂比は0.25、水/SiO₂比は280、エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン比は8であった。

【0035】 原料溶液を入れた広口瓶をシェーカーにセットし、500rpmでさらに1時間振り混ぜた。次いで、前述のDDR型ゼオライト粉末の製造方法により得られたDDR型ゼオライト粉末の0.1mgを種結晶として添加し、5℃に保ちながら5分間に渡って超音波処理することにより分散させた。その後、DDR型ゼオライト粉末を分散させた原料溶液を、内容積100mlのフッ素樹脂製内筒付きステンレス製耐圧容器に移し、成膜用の支持台となる直径35mmφ×厚さ10mmのフッ素樹脂製の円盤を容器の底に沈め、160℃で5日間、加熱処理(水熱合成)を行った。

加熱処理後、フッ素樹脂製の円盤を取り出したところ、この円盤上に自立膜が形成されていた。この自立膜を円盤から剥離し、水洗、乾燥した後、大気中、電気炉で0.1℃/minの速度で800℃まで昇温して4時間保持後、1℃/m

inの速度で室温まで冷却した。

【0036】 次に、得られた膜の結晶相をX線回折で調べることにより結晶相の評価を行ったところ、DDR型ゼオライトの回折ピークのみが検出された。また、これを電子顕微鏡で観察したところ、厚さが $75\text{ }\mu\text{m}$ 、多結晶からなる膜であることが判明し、DDR型ゼオライトの自立膜であることを確認できた。

【0037】 なお、X線回折における「DDR型ゼオライトの回折ピーク」とは、International Center for Diffraction Data (ICDD) 「Powder Diffraction File」に示されるDeca-Dodecasil 3Rに対応するNo. 38-651、又は41-571に記載される回折ピークである。また、ゼオライトの結晶相は、X線回折において、 $20 \sim 30^\circ$ ($\text{CuK}\alpha$) の領域にかけてブロードなハローのみで明確なピークを確認できない場合を非晶質、僅かでもDDR型ゼオライトのピークが認められた場合を結晶化途上、また、DDR型ゼオライトを示すピークが明瞭に認められ、ハローがない場合を完全結晶とした。

【0038】

(実施例2～12、比較例1～5)

原料溶液の組成比、熱処理条件を変えること以外は、実施例1と同様の操作を行い、DDR型ゼオライト膜の形成を試みた。得られた膜の評価は、実施例1の場合と同じくX線回折により行い、膜厚は電子顕微鏡での観察により測定した。原料溶液の組成比（1-アダマンタンアミン/SiO₂比、水/SiO₂比、及び、エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン比）、熱処理条件（温度、時間）及び形成されたDDR型ゼオライト膜の膜厚を表1に示す。

【0039】

(比較例6)

種結晶であるDDR型ゼオライト粉末を用いないこと以外は、実施例1と同様の操作を行い、DDR型ゼオライト膜の形成を試みた。その結果、DDR型ゼオライト粉末が生成したが、DDR型ゼオライト膜は形成されなかった(表1)。なお、表1においては、種結晶(DDR型ゼオライト粉末)を用いた場合を「有」、種結晶を用いなかった場合を「無」と表記した。

【0040】

【表1】

	1-アダマンタン アミン/SiO ₂ 比 (モル比)	水/SiO ₂ 比 (モル比)	エチレンジアミン/1- アダマンタンアミン比 (モル比)	種結晶	熱処理温度 (℃)	熱処理時間 (日)	DDR型ゼオライト膜 の膜厚 (μm)
実施例1	0.25	280	8	有	160	5	75
実施例2	0.1	50	8	有	160	5	110
実施例3	0.1	500	8	有	160	5	80
実施例4	0.4	500	8	有	160	5	100
実施例5	0.4	50	8	有	160	5	90
実施例6	0.05	70	8	有	160	10	120
実施例7	0.12	140	10	有	160	5	80
実施例8	0.12	280	10	有	200	1	50
実施例9	0.12	280	5	有	200	1	40
実施例10	0.25	280	8	有	150	5	60
実施例11	0.25	200	8	有	180	2	70
実施例12	0.35	200	8	有	130	10	50
比較例1	0.04	200	8	有	160	5	膜形成せず
比較例2	0.04	300	8	有	160	5	膜形成せず
比較例3	0.25	200	8	有	100	10	膜形成せず
比較例4	0.12	280	8	有	220	5	D OH相生成
比較例5	0.12	300	3	有	160	5	膜形成せず
比較例6	0.25	280	8	無	160	5	膜形成せず

【0041】

(実施例13)

1. 50 gのエチレンジアミン、0.47 gの1-アダマンタンアミン、2.50 gの30重量%シリカゾル、48.70 gの水を用いること以外は、実施例1と同様の操作を行い、原料溶液を調製した。このとき、1-アダマンタンアミン/SiO₂比は0.25、水/SiO₂比は220、エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン比は8であった。

【0042】 多孔質基体として、細孔径が0.6 μmであるアルミナ多孔体（日本碍子(株)製）を、直径15 mm φ × 厚さ1.5 mmの円盤状に加工した多孔質基体を用意した。この多孔質基体に、前述のDDR型ゼオライト粉末の製造方法により得られたDDR型ゼオライト粉末を種結晶とし、これを水に加えて濃度が1 mg/m lの分散液を調製し、これを多孔質基体の片面に一滴塗布した。

この多孔質基体を、内容積100 m lのフッ素樹脂製内筒付きステンレス製耐圧容器内に垂直に立て、原料溶液に水没させた状態とした。この耐圧容器を内温150℃に調整した振とう装置付き乾燥機に入れ、耐圧容器を毎分90回振とうした状態で5日間、加熱処理（水熱合成）を行った。

加熱処理後、多孔質基体を取り出したところ、この多孔質基体上に膜が形成されていた。この多孔質基体を水洗、乾燥した後、大気中、電気炉で800℃まで0.1℃/minの速度で昇温して4時間保持後、1℃/minの速度で室温まで冷却した。

【0043】 次に、得られた多孔質基体上の膜の結晶相をX線回折で調べることにより結晶相の評価を行ったところ、DDR型ゼオライトと多孔質基体の回折ピークが検出され、DDR型ゼオライト膜であることがわかった。また、これを電子顕微鏡で観察したところ、厚さが10 μmの緻密な膜が多孔質基体上に形成されていることが判明し、DDR型ゼオライト膜を多孔質基体上に形成可能であることを確認できた。なお、図1、2は実施例13において作製したDDR型ゼオライト膜の結晶構造を示す電子顕微鏡写真であり、図1は膜の断面、図2は膜の表面における結晶構造を示す。

【0044】

(実施例14～26)

原料溶液の組成比、熱処理条件を変えること以外は、実施例13と同様の操作を行い、多孔質基体上へのDDR型ゼオライト膜の形成を試みた。形成された膜の評価は、実施例13の場合と同じくX線回折により行い、膜厚は電子顕微鏡での観察により測定した。原料溶液の組成比（1-アダマンタンアミン/SiO₂比、水/SiO₂比、及び、エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン比）、熱処理条件（温度、時間）、及び形成されたDDR型ゼオライト膜の膜厚を表2に示す。

【0045】

【表2】

	1-アダマンタン アミン/SiO ₂ 比 (モル比)	水/SiO ₂ 比 (モル比)	エチレンジアミン/1- アダマンタンアミン比 (モル比)	熱処理温度 (°C)	熱処理時間 (日)	DDR型ゼオライト膜 の膜厚 (μm)
実施例1 3	0.25	220	8	150	5	10
実施例1 4	0.25	160	8	160	10	33
実施例1 5	0.4	220	5	160	5	25
実施例1 6	0.12	100	5	150	5	14
実施例1 7	0.31	280	8	150	5	11
実施例1 8	0.2	220	8	150	5	8
実施例1 9	0.25	340	10	150	5	12
実施例2 0	0.4	50	10	150	10	50
実施例2 1	0.25	280	8	150	10	20
実施例2 2	0.15	200	8	160	10	18
実施例2 3	0.12	50	8	160	5	22
実施例2 4	0.05	50	8	160	5	21
実施例2 5	0.05	500	5	180	5	18
実施例2 6	0.25	340	8	180	10	45

【0046】

(実施例27)

耐圧容器の振とうを行わないこと以外は、実施例13と同様の操作を行い、多孔質基体上へのDDR型ゼオライト膜の形成を試みた。その結果、膜厚が $5\text{ }\mu\text{m}$ のDDR型ゼオライト膜が多孔質基体上に形成されていることが判明した。

【0047】

(実施例28)

DDR型ゼオライト粉末を含む分散液を多孔質基体の片面に塗布せず、実施例1の場合と同様の操作により原料溶液に種結晶を分散させて用いること以外は、実施例13と同様の操作を行い、多孔質基体上へのDDR型ゼオライト膜の形成を試みた。その結果、膜厚が $8\text{ }\mu\text{m}$ のDDR型ゼオライト膜が多孔質基体上に形成されていることが判明した。

【0048】

(ガス透過試験)

実施例1で作製したDDR型ゼオライト膜を用いてガス透過試験を行った。

図3は、ガス透過試験に使用するガス透過試験装置の構成を説明する模式図であり、ジルコニア製の測定管1（内径 $1.5\text{ mm}\phi$ ）の先端部に、形状加工したDDR型ゼオライト膜2を取り付け、これを管状炉3の炉芯管4（内径 $2.5\text{ mm}\phi$ ）に入れ、測定管1の内側に内径 $6\text{ mm}\phi$ の石英管5をDDR型ゼオライト膜2の近傍まで通して三重管構造とした状態を示している。測定管1の外側（炉芯管4の内側）には、室温にて窒素（ $50\text{ ml}/\text{min}$ ）でバブリングさせ、オルト、パラ、メタの各異性体を等モル混合したキシレンを試験ガスとして導入し、測定管1の内側の石英管5にはDDR型ゼオライト膜2を透過したガスを回収するための窒素ガス（スイープガス、 $50\text{ ml}/\text{min}$ ）を流した。この状態で管状炉3を試験温度（ 100°C ）に昇温し、1時間以上放置して定常状態とした。DDR型ゼオライト膜2を透過したガスを含む回収ガスを分取し、ガスクロマトグラフにて分析を行い、キシレンガスの透過率（ $\text{nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$ ）を評価した。

【0049】 また、キシレン以外に、メタン（ CH_4 ）及び二酸化炭素（ CO_2

) を用いて透過試験を行った。これらの試験ガスは常温で気体であるため、炉芯管4のガス導入口13へ直接導入した。試験結果を表3、図4に示す。

【0050】

【表3】

試験ガス	透過率 (nmol・m ⁻² ・s ⁻¹ ・Pa ⁻¹)
キシレン	2
CH ₄	10
CO ₂	226

【0051】

(混合ガス透過試験)

図3に示すガス透過試験装置10を使用して、前述のガス透過試験と同様の操作によりにメタン(CH₄)、エチルメルカプタン(C₂H₅SH)、ジメチルサルファイド((CH₃)₂S)、ターシャリーブチルメルカプタン((CH₃)₃CSH)の4種類の混合ガス(主成分はメタンで、他の成分は1000ppmの混合ガス)の透過試験を行った。なお、試験温度は200℃とした。試験結果を表4、図5に示す。

【0052】

【表4】

試験ガス	透過ガス	透過率 (nmol・m ⁻² ・s ⁻¹ ・Pa ⁻¹)
CH ₄ ／C ₂ H ₅ SH／(CH ₃) ₂ S／(CH ₃) ₃ CSH 混合ガス	CH ₄	5.2
	C ₂ H ₅ SH	7.3
	(CH ₃) ₂ S	1.4
	(CH ₃) ₃ CSH	1.1

【0053】

(考察)

表1、2に示す結果から明らかな通り、原料溶液の組成を、1-アダマンタンアミン/SiO₂比に関しては0.05～0.4の範囲内、エチレンジアミン/1-アダマンタンアミン比に関しては5～10の範囲内に調整すると、自立膜として充分な厚みを有するDDR型ゼオライト膜を製造することが可能であると判明した。なお、水/SiO₂比に関しても50～500の範囲内とすれば、DDR型ゼオライト膜を製造することができる。

また、多孔質基体上にDDR型ゼオライト膜を形成できることも分かった。

【0054】 水熱合成に際しての熱処理の条件に関しては、温度については130～200℃、時間については10日以内という短期間で、充分な膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を製造することができる。

【0055】 また、表3と図4に示す結果から明らかな通り、キシレンはDDR型ゼオライト膜をほとんど透過しなかったが、二酸化炭素及びメタンは透過し、二酸化炭素はメタンの約20倍の透過率を示すことが判明した。これは、DDR型ゼオライト膜の細孔径と、試験ガスの分子径とに依存すると考えられる。

【0056】 更に、表4と図5に示す結果から明らかな通り、混合ガスを構成するガスの内、比較的分子径の小さいメタン、エチルメルカプタンに比して、比較的分子径の大きいジメチルサルファイド、ターシャリーブチルメルカプタンの透過率が小さいことが判明した。即ち、得られたDDR型ゼオライト膜は、ジメチルサルファイドやターシャリーブチルメルカプタンの、メタンに対する分離係数が大きいため、例えばジメチルサルファイドとメタンとの混合ガス、或いはターシャリーブチルメルカプタンとメタンとの混合ガス等の分離に用いることが可能であると考えられる。

【0057】 従って、上記ガス透過試験及び混合ガス透過試験の結果から、本発明の製造方法により製造したDDR型ゼオライト膜の分子篩作用、及びその有用性を確認することができた。

【0058】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明のDDR型ゼオライト膜の製造方法によれば、鋳型剤である1-アダマンタンアミンを始めとする各原料を所定の

組成比率とした原料溶液、及び、種結晶となるDDR型ゼオライト粉末を用いて水熱合成するため、工業的なガス分離プロセス等にも好適に採用され得る膜厚を有するDDR型ゼオライト膜を簡単に、かつ、短期間で製造することが可能である。

なお、本発明の製造方法により得られたDDR型ゼオライト膜は、例えば、石油化学工業において触媒等と組み合わせることにより、種々の物質分離に用いられる分離膜やメンブレンリアクターとして好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例13において作製したDDR型ゼオライト膜の断面の電子顕微鏡写真である。

【図2】 実施例13において作製したDDR型ゼオライト膜の表面の電子顕微鏡写真である。

【図3】 ガス透過試験に使用するガス透過試験装置の構成を説明する模式図である。

【図4】 ガス透過試験における透過ガスの透過率を示す棒グラフである。

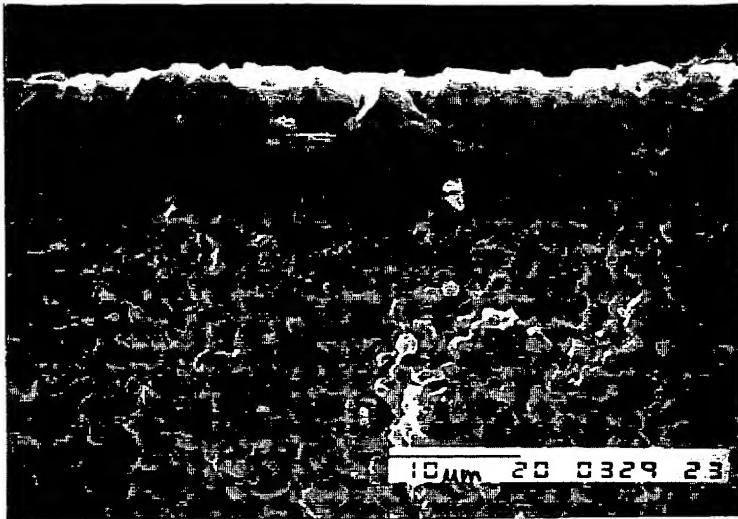
【図5】 混合ガス透過試験における透過ガスの透過率を示す棒グラフである。

【符号の説明】

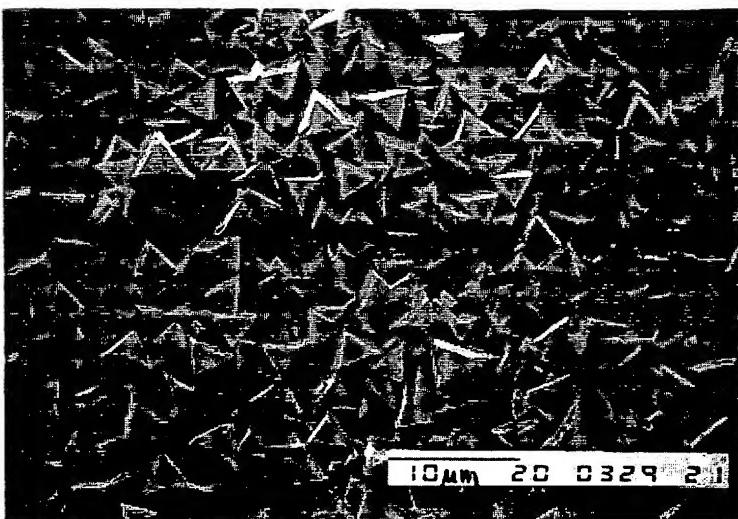
1…測定管、2…DDR型ゼオライト膜、3…管状炉、4…炉芯管、5…石英管、6…キシレン、10…ガス透過試験装置、11…バブラー、12…バルブ、13…ガス導入口。

【書類名】 図面

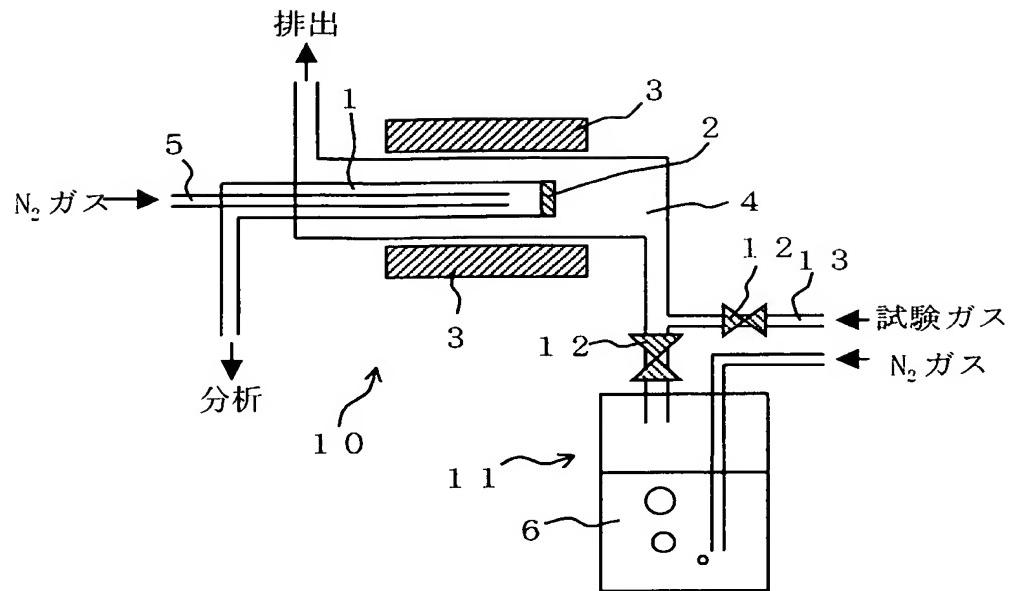
【図 1】



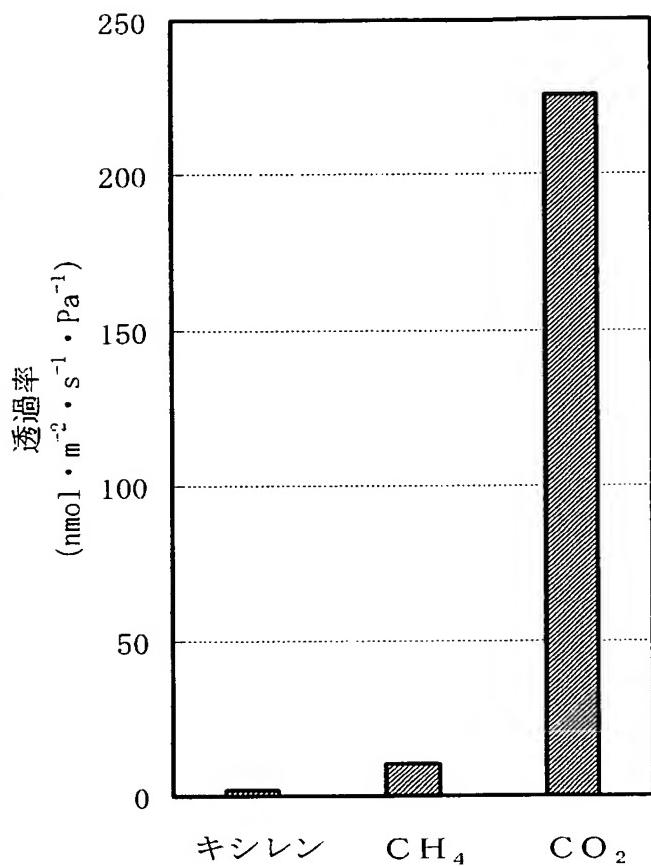
【図 2】



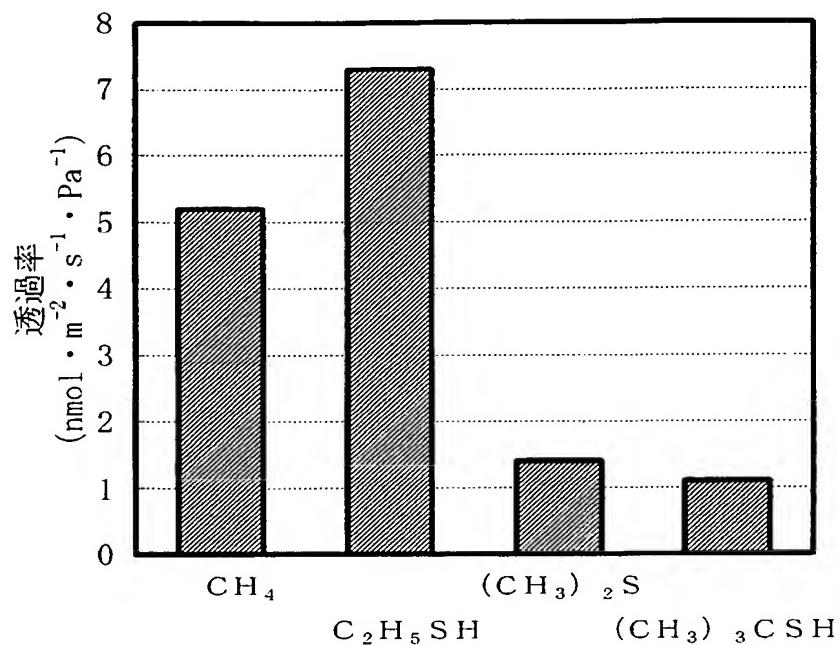
【図3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 工業的なガス分離プロセス等にも好適に採用され得る膜厚を有するD R型ゼオライト膜を簡便に、かつ、短期間で製造する方法を提供する。

【解決手段】 1-アダマンタンアミンとシリカとの配合割合（1-アダマンタンアミン/SiO₂）がモル比で0.05～0.4、かつ、水とシリカとの配合割合（水/SiO₂）がモル比で50～500である原料溶液に、種結晶となるD R型ゼオライト粉末を分散させ、次いで、水熱合成することによりD R型ゼオライト膜を形成する。

【選択図】 なし

特願 2001-280972

出願人履歴情報

識別番号 [00004064]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住所 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
氏名 日本碍子株式会社